

PAT-NO: JP405322946A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 05322946 A

TITLE: PROPAGATION-DELAY MEASURING APPARATUS IN RADIO
COMMUNICATION

PUBN-DATE: December 7, 1993

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

ICHITSUBO, SHINICHI

FUJII, TERUYA

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT> N/A

N T T IDOU TSUUSHINMOU KK N/A

APPL-NO: JP03019480

APPL-DATE: January 19, 1991

INT-CL (IPC): G01R029/00, H04B007/015 , H04B017/00

US-CL-CURRENT: 324/612

ABSTRACT:

PURPOSE: To reduce estimation errors by storing the frequency correlation functions corresponding to a plurality of delayed profiles beforehand, obtaining the correlation coefficients of the receiving levels of the received radio waves having a plurality of frequencies, and obtaining the function, which agrees most excellently, and the value of delay spread.

CONSTITUTION: Radio waves in a plurality of frequencies are received with a

receiving antenna 1. The receiving level at every frequency is measured with a field-strength measuring device 3. The data are sampled at a constant distance interval with the pulses from a vehicle-speed measuring device 4 and digitized. The data from an A/D converter 5 undergo processing in a shadowing removing device 6. The correlation coefficients of the receiving levels are obtained for all measured frequencies with a correlation-coefficient operating device 7. Correlation functions corresponding to a plurality of delay profiles are stored in a ROM 8 beforehand. The correlation function uses a delay spread as a parameter. A delay-spread computer 9 obtains the delay spread, where the error between the stored correlation function and the correlation coefficient of the receiving level becomes the minimum value. The **delay spread is displayed on a display** device 10 as the **delay spread** at this point.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-322946

(43)公開日 平成5年(1993)12月7日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 R 29/00	G	7808-2G		
H 0 4 B 7/015		9199-5K		
17/00	D	7170-5K		

審査請求 未請求 請求項の数1(全13頁)

(21)出願番号 特願平3-19480

(22)出願日 平成3年(1991)1月19日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(74)上記1名の代理人 弁理士 本間 崇

(71)出願人 392026693

エヌ・ティ・ティ移動通信網株式会社

東京都港区虎ノ門二丁目10番1号

(72)発明者 市坪 信一

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 藤井 輝也

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

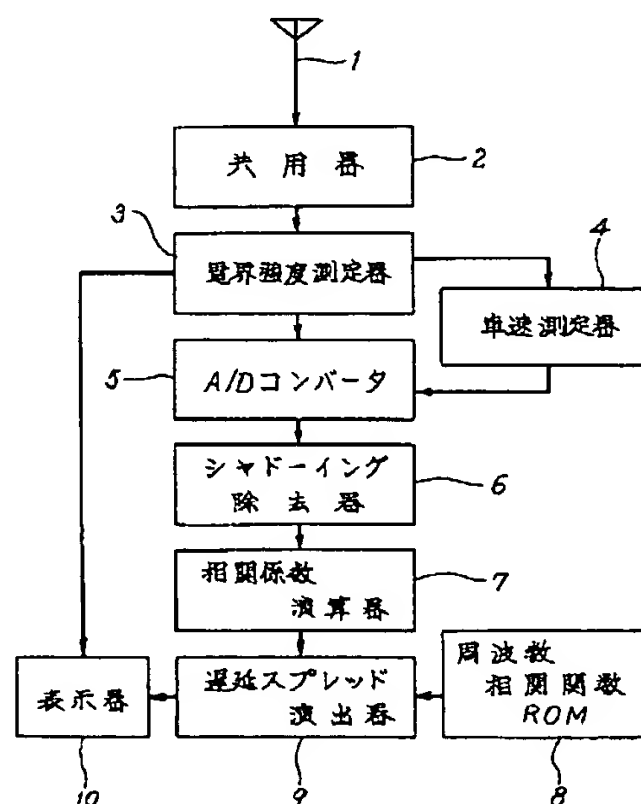
(54)【発明の名称】 無線通信における伝搬遅延測定装置

(57)【要約】

【目的】 無線通信における伝搬遅延の測定に関し、遅延プロファイルが指数関数でない場合であっても遅延スプレッドを高精度で推定することのできる伝搬遅延測定装置を実現することを目的とする。

【構成】 複数の遅延プロファイルの型に対応してあらかじめ求めた周波数相関関数の型を記憶する相関関数記憶機能と、受信した複数周波数電波の受信レベルの相関係数を求める相関検出機能と、上記周波数相関関数の型のそれぞれについて、遅延スプレッドの値を変化させ、測定で得られた受信レベル相関係数とその周波数差との関係と最も良く一致する周波数相関関数の型及び遅延スプレッドの値を算出する遅延スプレッド算出機能とを具備せしめることにより構成する。

本発明の一実施例の構成を示す図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 無線通信で複数周波数電波の受信レベル相関を用いて伝搬遅延を測定する装置であって、複数の遅延プロファイルの型に対応してあらかじめ求めた周波数相関関数の型を記憶する相関関数記憶機能と、受信した複数周波数電波の受信レベルの相関係数を求める相関検出機能と、上記周波数相関関数の型のそれぞれについて、遅延スプレッドの値を変化させ、測定で得られた受信レベル相関係数とその周波数差との関係と最も良く一致する周波数相関関数の型及び遅延スプレッドの値を算出する遅延スプレッド算出機能とを具備せしめたことを特徴とする無線通信における伝搬遅延測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、無線通信における伝搬遅延を測定する装置に関するものである。無線通信においては、送信された電波すべてが直接受信アンテナに受信されるわけではなく、図8(a)に示すように基地局のアンテナ50から発せられた電波51が周りの建造物52や山53等に反射するため多重波となって受信点54に到来する。多重波によって時間的に遅れた波が発生することを伝搬遅延というが、伝搬遅延によって無線通信の通信品質は劣化する。これは山頂で早口で喋った言葉が、山びこによって聞き取りづらい現象と同じである。

【0002】

【従来の技術】通信品質の評価として用いられている遅延スプレッドを複数の狭帯域波の相関係数から求めるに*

$$\text{遅延スプレッド } S = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N (T_i - T_d)^2 \cdot L_i}{\sum_{i=0}^N L_i}} \quad \text{--- (1)}$$

【数2】

$$\text{平均遅延時間 } T_d = \frac{\sum_{i=0}^N L_i \cdot T_i}{\sum_{i=0}^N L_i} \quad \text{--- (2)}$$

【0005】以上に記載した技術については、下記文献1および2に詳しく述べられている。文献1〔三石、明山、木下、“市街地伝搬における周波数相関特性”、信学技報、AP79-7、1979年〕文献2〔A.A.M. Saleh, and R.A. Valenzuela: “A statistical model for indoor multipath propagation”, IEEE J. Select. Areas Commun., SAC-5, No2 pp.128(Feb.1987)〕

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記文献2において、統計的に遅延プロファイルは指数関数で近似できると述

*は、従来は次のような方法が用いられていた。

①一つの送信アンテナから送信された複数の異なる周波数の電波を走行しながら一つの受信アンテナで受信し、図9に示すような周波数差と受信レベルの相関係数との関係を求める（同図において、×印は測定値を示している）。

②これらの関係から相関係数ρが0.5となる周波数差（周波数相関帯域幅B）を求める。

③周波数相関帯域幅Bから遅延スプレッドSを求めるために、遅延プロファイルを指数関数であると仮定して遅延スプレッドSを求める。その場合の遅延スプレッドSと周波数相関帯域幅Bの関係は、“遅延スプレッドS = 1 / (2πB)”となる。

【0003】上記記述中の遅延プロファイルは、図8(b)に示すように伝搬遅延によって遅れて到来してきた波（遅延波）を、横軸に遅延時間、縦軸に受信電力で表した時間的な電波の到来分布図である。同図において、NLはノイズレベルを、L₀, L₁ ~ L_Nは遅延波の受信レベルを、また、T₀, T₁ ~ T_Nは遅延波の相対遅延時間を示している。

【0004】また、遅延スプレッドは伝搬遅延量を定量的に表すための評価値(1)式で定義される伝搬遅延時間の2次モーメントである。遅延スプレッドが大きくなると通信品質が劣化する。遅延波の受信電力がL₀, L₁ ~ L_NでL₀に対する相対遅延時間がT₁, ... T_NとなるN波の場合の遅延スプレッドは(1)式および(2)式によって計算される。

【数1】

※べられているが、個々の遅延プロファイルは必ずしも指数関数でないため、指数関数を仮定した従来の推定法では推定誤差が生ずると言う問題点があった。本発明は、このような従来の問題点に鑑み、遅延プロファイルが指数関数でない場合であっても、遅延スプレッドを高精度で推定することのできる伝搬遅延測定装置を実現することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明によれば上述の目的は前記特許請求の範囲に記載した手段により達成され

る。すなわち、本発明は、無線通信で複数周波数電波の受信レベル相関を用いて伝搬遅延を測定する装置であって、複数の遅延プロファイルの型に対応してあらかじめ求めた周波数相関関数の型を記憶する相関関数記憶機能と、受信した複数周波数電波の受信レベルの相関係数を求める相関検出機能と、上記周波数相関関数の型のそれぞれについて、遅延スプレッドの値を変化させ、測定で得られた受信レベル相関係数とその周波数差との関係と最も良く一致する周波数相関関数の型及び遅延スプレッドの値を算出する遅延スプレッド算出機能とを具備せしめた伝搬遅延測定装置である。

【0008】

【作用】前述したような、受信レベルの相関係数から遅延スプレッドを推定する従来の方法は、遅延プロファイルを指数関数と仮定して遅延スプレッドを推定しているが、この方法では、遅延プロファイルが指数関数からはずれて別の関数形となる場合には推定誤差を生じていた。

【0009】本発明では、遅延プロファイルの形を指数関数以外にも幾つか想定して、想定した遅延プロファイルに対応する複数パターンの周波数相関関数を事前に用意しておいて、この複数パターンの周波数相関関数の中から測定値に最もフィットする関数を選びだすことによって、遅延プロファイルが指数関数と異なる関数形の場合でも推定誤差が増加しないようにしているので、遅延スプレッドの推定精度を高めることができる。上述の周波数相関関数は図7に示すように、異なる周波数どうしの周波数差に対する受信レベルの相関係数の関数であり、遅延プロファイルとはフーリエ変換の関係にある。相関係数が0.5となる周波数差は特に周波数相関帯域幅と呼ばれる。同図では以上の遅延プロファイル、遅延スプレッド、周波数相関関数、周波数相関帯域幅の関係を示している。遅延スプレッドと周波数相関帯域幅は伝搬遅延の大きさに関係のある数値である。

【0010】

【実施例】図1は本発明の一実施例の構成を示す図であって、1は受信アンテナ、2は共用器、3は電界強度測定器、4は車速測定器、5はA/Dコンバータ、6はシャドーイング除去器、7は相関係数演算器、8は周波数相関関数ROM、9は遅延スプレッド算出器、10は表示器を表わしている。以下本実施例の伝搬遅延測定装置を自動車に搭載して測定を行なう場合の装置の動作について説明する。

【0011】①一つの送信アンテナから送信された複数の異なる周波数の電波を走行しながら、一つの受信アンテナ1で受信し、電界強度測定器3で周波数ごとの受信レベルを測定する。測定する周波数はキー入力で設定でき、その周波数とその受信レベルを表示する。

②アナログの受信レベルをA/Dコンバータ5で一定距離間隔でサンプリングしデジタルのデータを得る。一

定距離間隔でサンプリングするために、一定距離間隔でパルスが発生させる車速測定器4を用いる。

【0012】③サンプリングしたデータからシャドーイング（建造物等の影の影響で受信レベルが周期的（数百m周期）に変動する。）の影響を除去する。その方法はシャドーイング除去器6でデータを一定距離（例えば1m程度）で移動平均し、もとのデータから差し引く。またはA/Dコンバータの前段にハイパスフィルター（HPF）を入れる方法もある。

④相関係数演算器7で測定した周波数の内、2周波数の組合せ全てについて受信レベルの相互相関係数を求める。

【0013】⑤周波数相関関数ROM8にはあらかじめ想定した複数の遅延プロファイルの関数型から求めた周波数相関関数が入っている。周波数相関関数は遅延スプレッドをパラメータにしている。

⑥遅延スプレッド算出器9は各遅延プロファイルの関数型に対応して記憶した各周波数相関関数と、④で得られたデータとの誤差の標準偏差が最小となる遅延スプレッドを各周波数相関関数ごとに求める。各周波数相関関数ごとに求めた誤差最小の遅延スプレッドの中で最も誤差が最小となる遅延スプレッドをその地点の遅延スプレッドとする。

⑦表示器10でその遅延スプレッドを表示する。

【0014】図2は本発明の伝搬遅延測定装置による測定の例について説明する図であって、11は基地局局舎、12は送信アンテナ、13は共用器、14-1～14-3は送信機、15は測定車、16は伝搬遅延測定器、17-1、17-2は建造物を表わしており、また、 f_1 、 f_2 、 f_3 はそれぞれ送信周波数を示している。以下、同図に基づいて説明する。

【0015】①基地局の送信機14で送信する複数周波数（ f_1 、 f_2 、 f_3 ）はお互いの周波数差 Δf がおおよそ $1/(2\pi S)$ （MHz）程度となるように設定する（ $S(\mu s)$ は想定される遅延スプレッドである。）。例えば想定される遅延スプレッドが $2\mu s$ とすると周波数差を80kHz程度にする。送信機14-1～14-3の電波を共用器13で合成して送信アンテナ12で送信する。

②送信された電波は建造物17-1や17-2等に反射し伝搬遅延が生じる。

③測定車15で走行しながら基地局からの電波を受信する。図3に受信レベルとトリガーパルスの様子を示す。図3のAは各周波数の受信レベルで、Pは車速測定器と連動して一定走行距離毎に出力するトリガーパルスを示している。

【0016】④車速測定器のトリガーパルスをもとにA/Dコンバータで受信レベルをサンプリングし、シャドーイング除去器でシャドーイング（短区間変動分）を取り除く。

⑤ 相関係数演算器で各周波数差ごとに相関係数を計算する。図4は周波数差と測定された相関係数の関係を示す図であって、×印が測定値を示している。

⑥ 周波数相関関数ROMの中には想定した遅延プロファイルに対応する周波数相関関数の型が入っている。図5に想定した遅延プロファイルの例を示す。縦軸はdB表示であり、21は方形波、22は三角波、23は指数波(EXP(t)型)、24は指数2乗波(EXP(t²)型)を示している。

【0017】⑦ 遅延スプレッド算出器では⑥の周波数相関関数の型をもとに、⑤で得られた周波数相関値と最も良く一致する周波数相関関数の型と遅延スプレッドの値を求める。図6に周波数相関関数の型と測定された周波数相関値との対応関係を示す。同図において、31は測定で得られた周波数相関値、32'、32''は遅延プロファイルが指数波の周波数相関関数で、遅延スプレッドはそれぞれ1、2μsの場合、33'、33''は同じく方形波の場合で遅延スプレッドはそれぞれ1、2μsの場合である。

【0018】同図に示した周波数相関関数は指数波と方形波の場合だけであるが、他の周波数相関関数の型についても同様に考える。このようにそれぞれの周波数相関関数の型について、遅延スプレッドの値を変えて、測定した周波数相関値とを比較し、最も良く一致する周波数相関関数と遅延スプレッドを決定する。この遅延スプレッドの値が測定系の遅延スプレッドであると推定する。同図の例では方形波の遅延プロファイルの場合の周波数相関関数で遅延スプレッドを2μsとした場合が最も良く一致する。これより遅延スプレッドを2μsと推定する。

【0019】

【発明の効果】従来の遅延スプレッド推定では遅延プロファイルが指数関数の場合に推定誤差が最小で、指数関数から外れると推定誤差が増加したが、本発明では、複数の遅延プロファイルを想定した周波数相関関数を持つことにより対処するように構成しているので遅延プロファイルが指数関数から外れる場合でも推定誤差が増加しないという利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の構成を示す図である。

【図2】本発明の伝搬遅延測定装置による測定の例につ

いて説明する図である。

【図3】受信レベルとトリガーパルスの様子を示す図である。

【図4】周波数差と測定された相関係数の関係を示す図である。

【図5】想定した遅延プロファイルの例を示す図である。

【図6】周波数相関関数の型と測定された周波数相関値との対応関係を示す図である。

【図7】遅延プロファイルと周波数相関関数の関係を示す図である。

【図8】伝搬遅延と遅延プロファイルについて説明する図である。

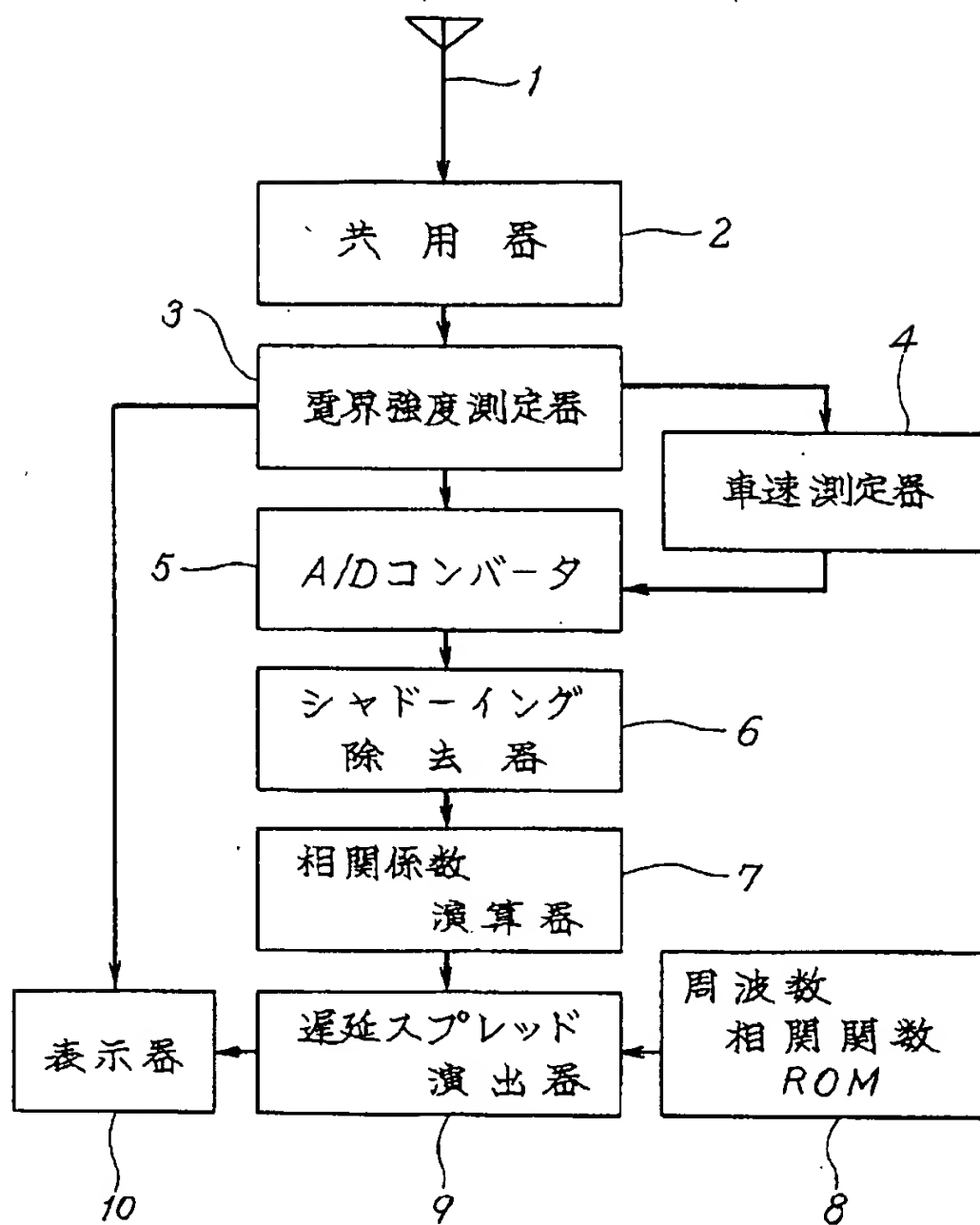
【図9】周波数相関関数について説明する図である。

【符号の説明】

- 1 受信アンテナ
- 2 共用器
- 3 電界強度測定器
- 4 車速測定器
- 5 A/Dコンバータ
- 6 シャドーイング除去器
- 7 相関係数演算器
- 8 周波数相関関数ROM
- 9 遅延スプレッド算出器
- 10 表示器
- 11 基地局局舎
- 12 送信アンテナ
- 13 共用器
- 14-1~14-3 送信機
- 15 測定車
- 16 伝搬遅延測定器
- 17-1, 17-2 建造物
- 21 方形波
- 22 三角波
- 23 指数波
- 24 指数2乗波
- 31 測定で得られた周波数相関値
- 32', 32'' 遅延プロファイルが指数波の場合の周波数相関関数
- 33', 33'' 遅延プロファイルが方形波の場合の周波数相関関数

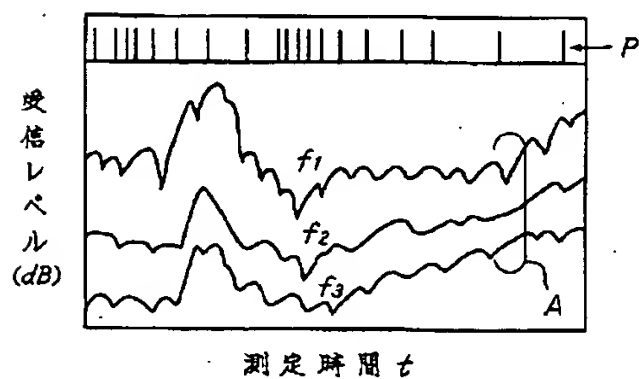
【図1】

本発明の一実施例の構成を示す図



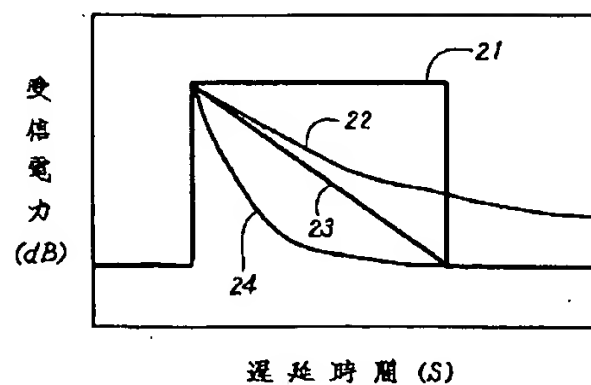
【図3】

受信レベルとトリガーパルスの様子を示す図



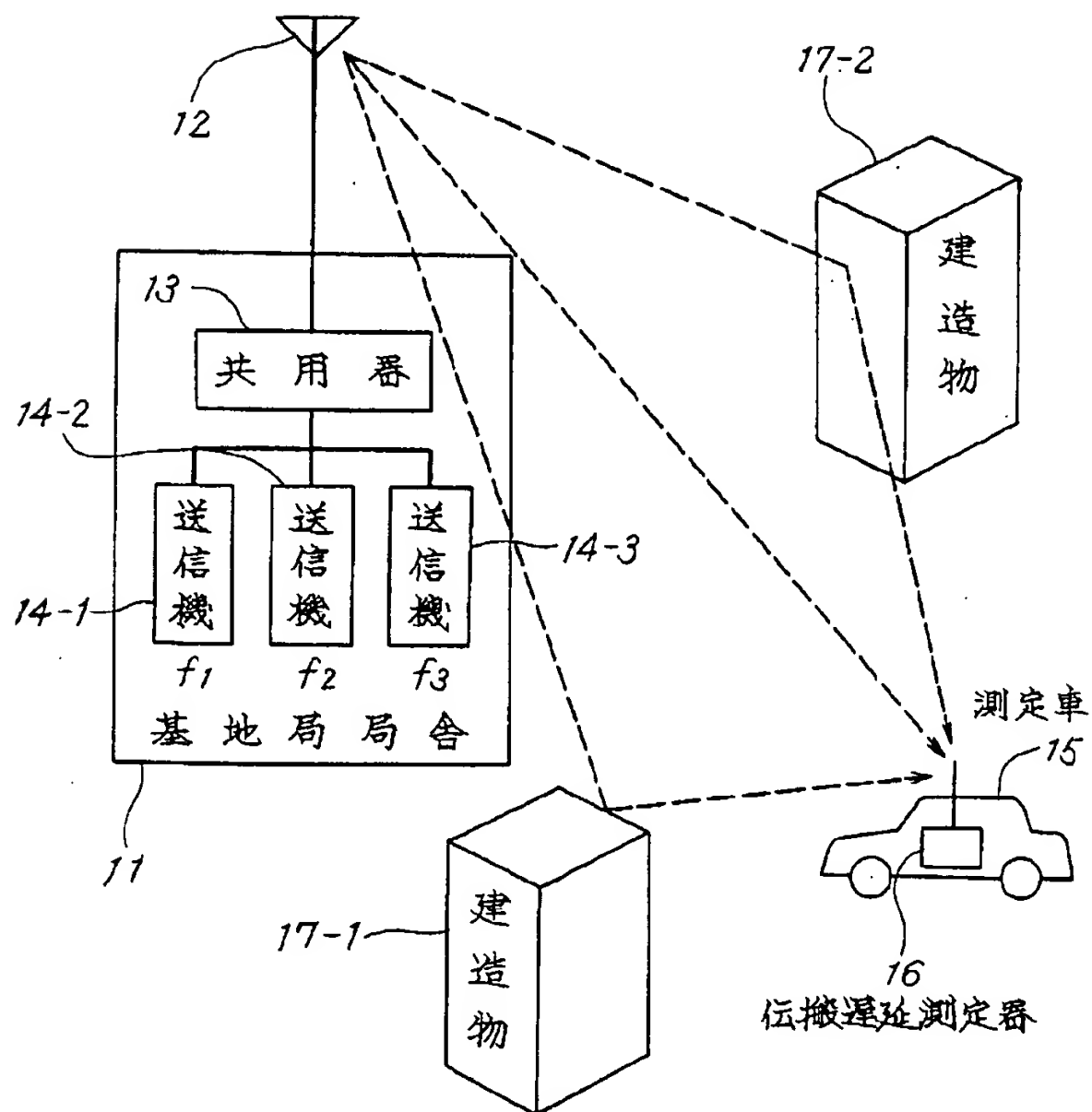
【図5】

想定した遅延プロファイルの例を示す図



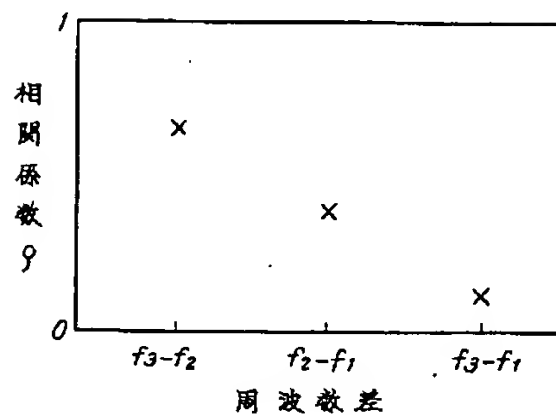
【図2】

本発明の伝搬遅延測定装置による測定の
例について説明する図



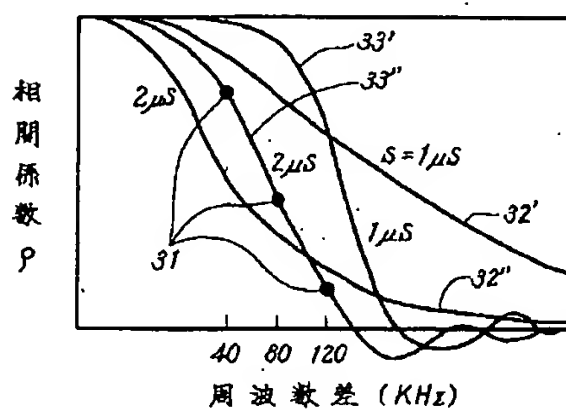
【図4】

周波数差と測定された相関係数の関係を示す図



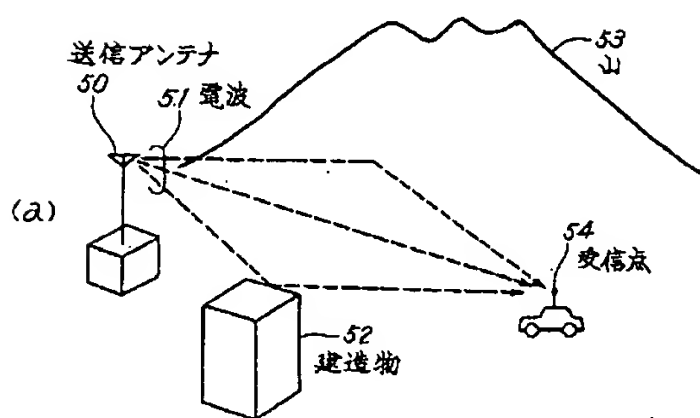
【図6】

周波数相関関数の型と測定された周波数相関係数の対応関係を示す図



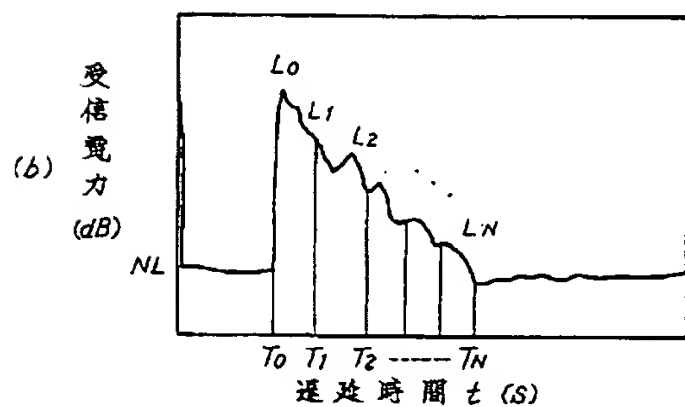
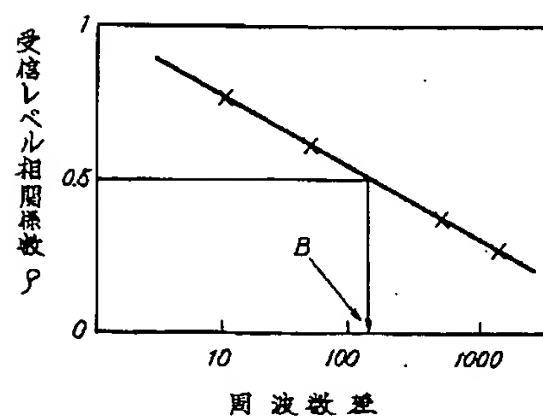
【図8】

遅延プロファイルと周波数相関関数の関係を示す図



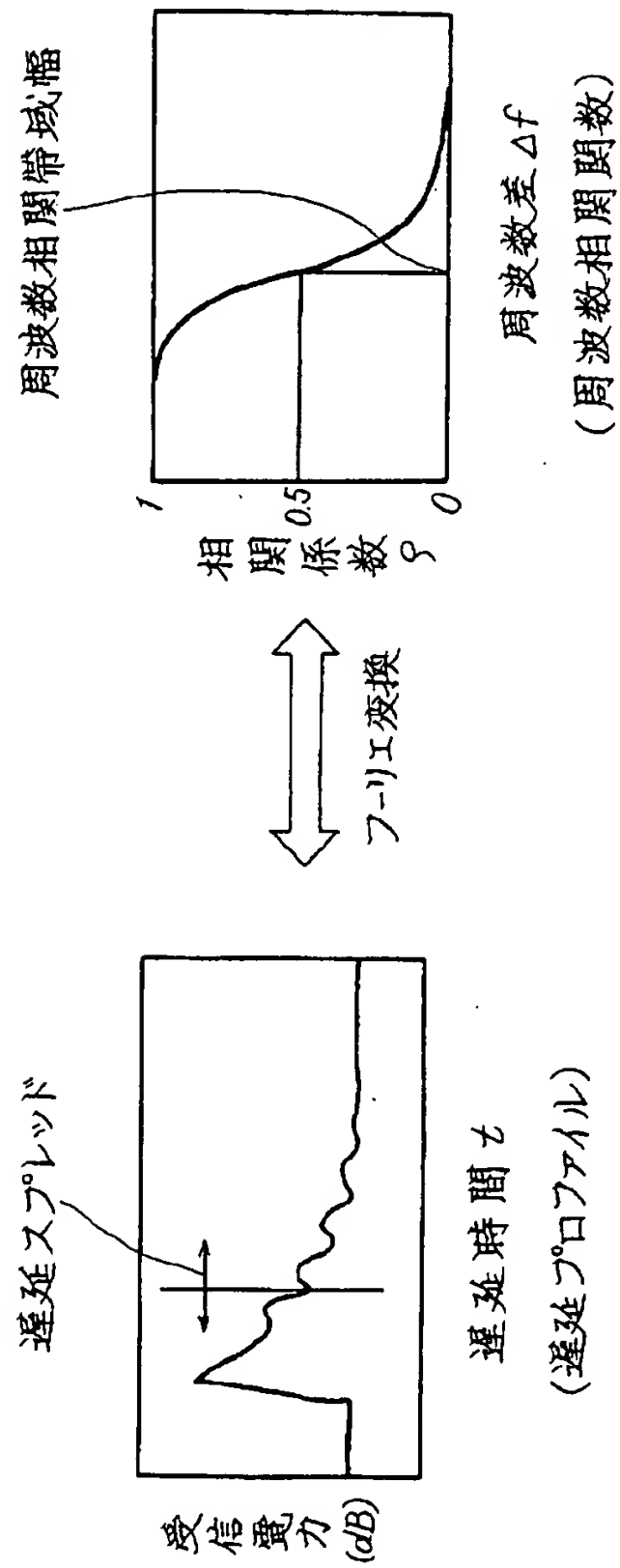
【図7】

周波数相関関数について説明する図



【図7】

遅延プロファイルと周波数相関関数の関係を示す図



【手続補正書】

【提出日】平成3年1月22日

【手続補正1】

【補正対象書類名】図面

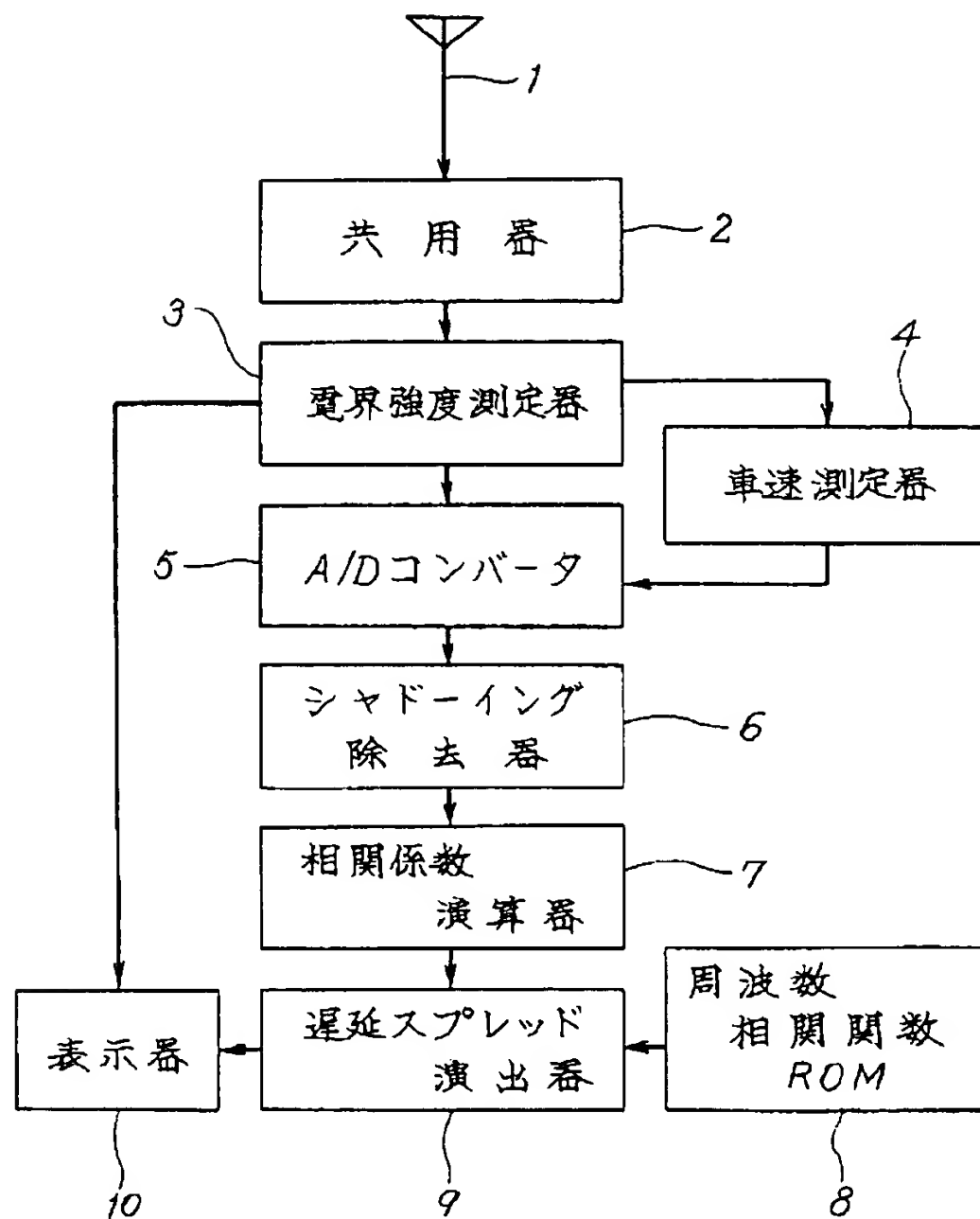
【補正対象項目名】全図

【補正方法】変更

【補正内容】

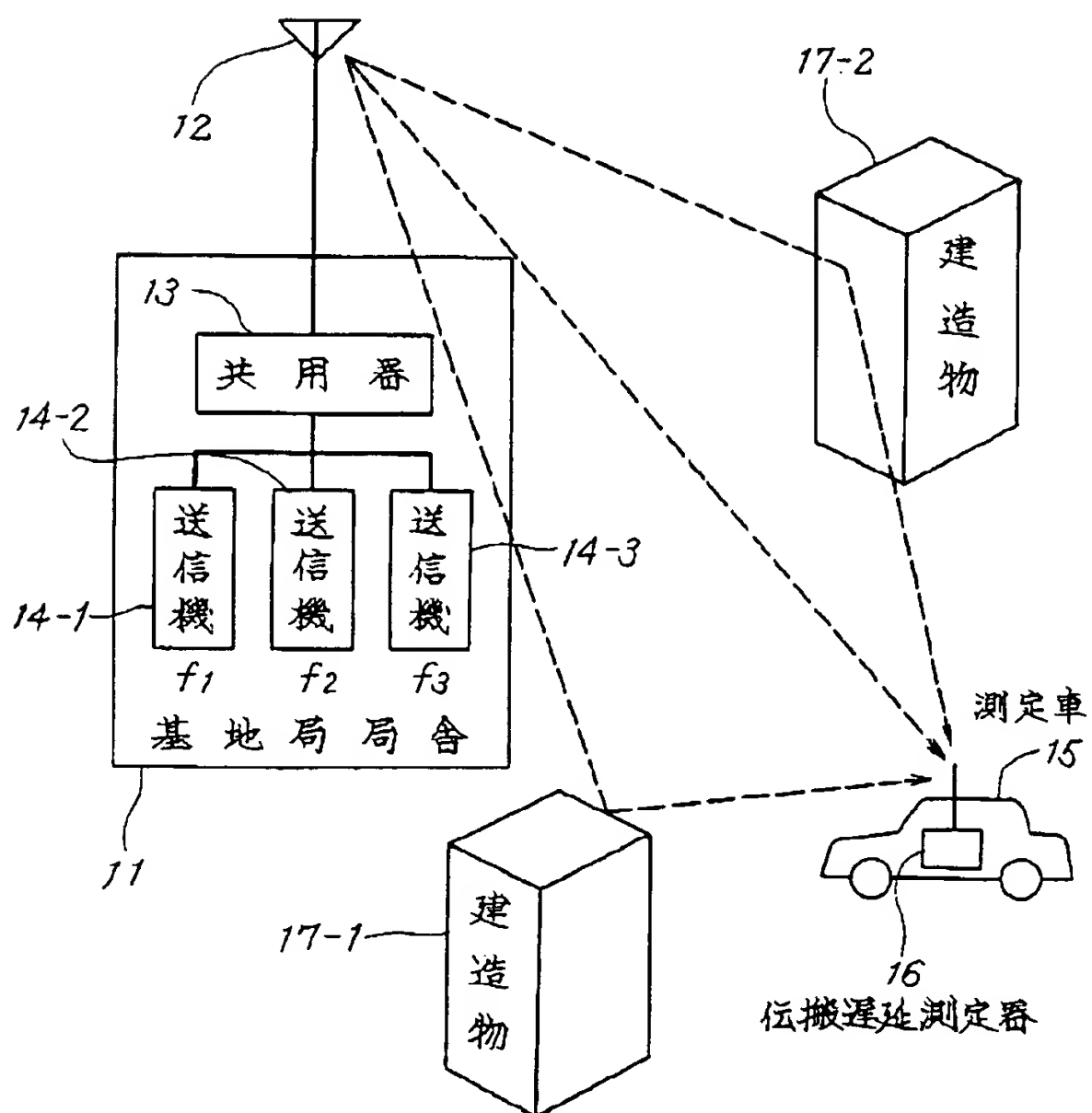
【図1】

本発明の一実施例の構成を示す図



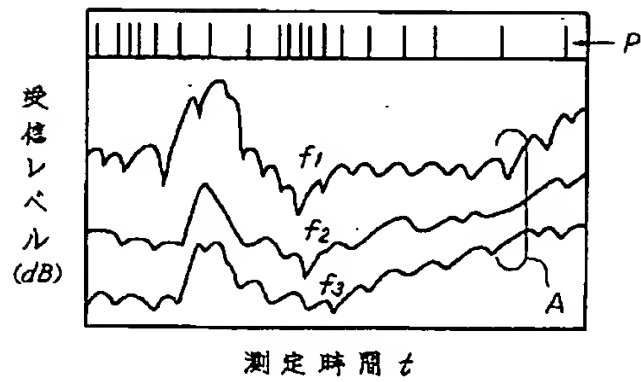
【図2】

本発明の伝搬遅延測定装置による測定の例について説明する図



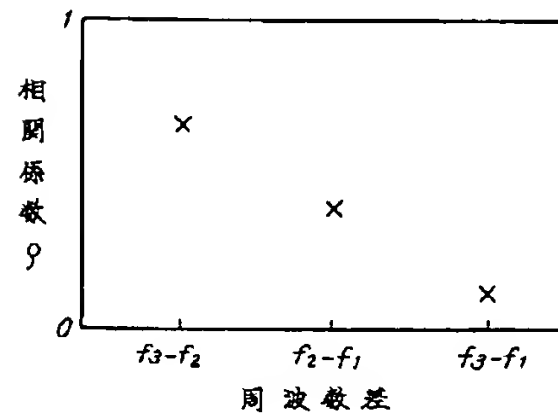
【図3】

受信レベルとトリガーパルスの様子を示す図



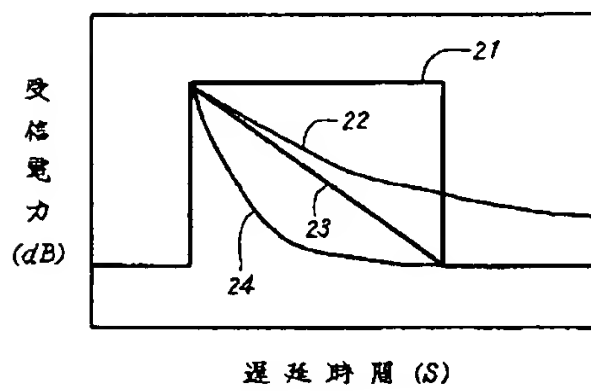
【図4】

周波数差と測定された相関係数の関係を示す図



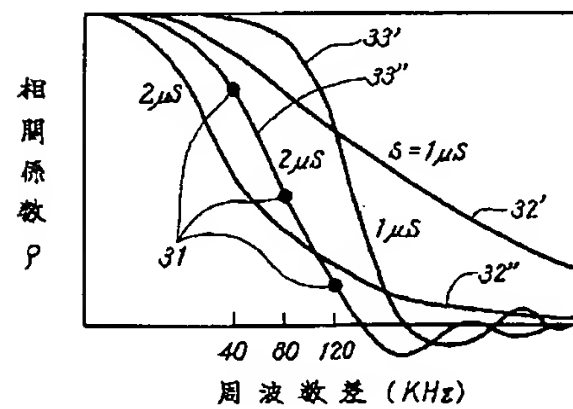
【図5】

想定した遅延プロファイルの例を示す図



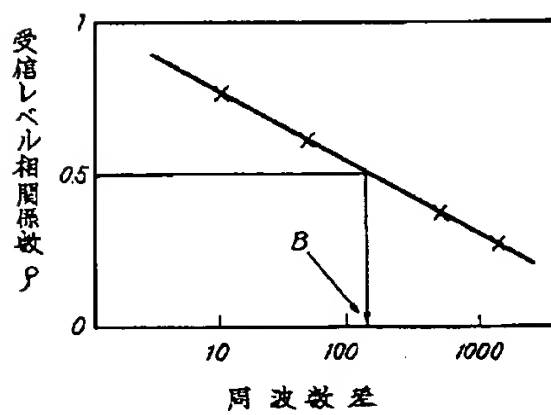
【図6】

周波数相関関数の型と測定された周波数相関値との対応関係を示す図



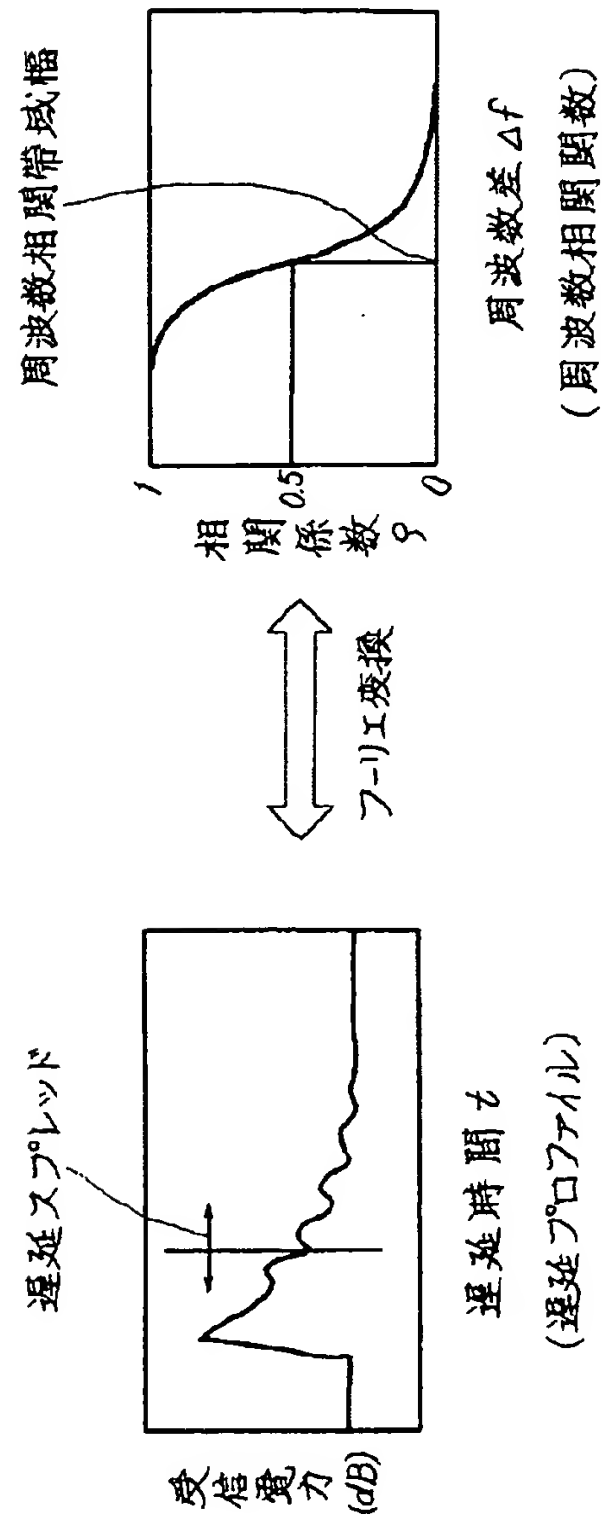
【図9】

周波数相関関数について説明する図



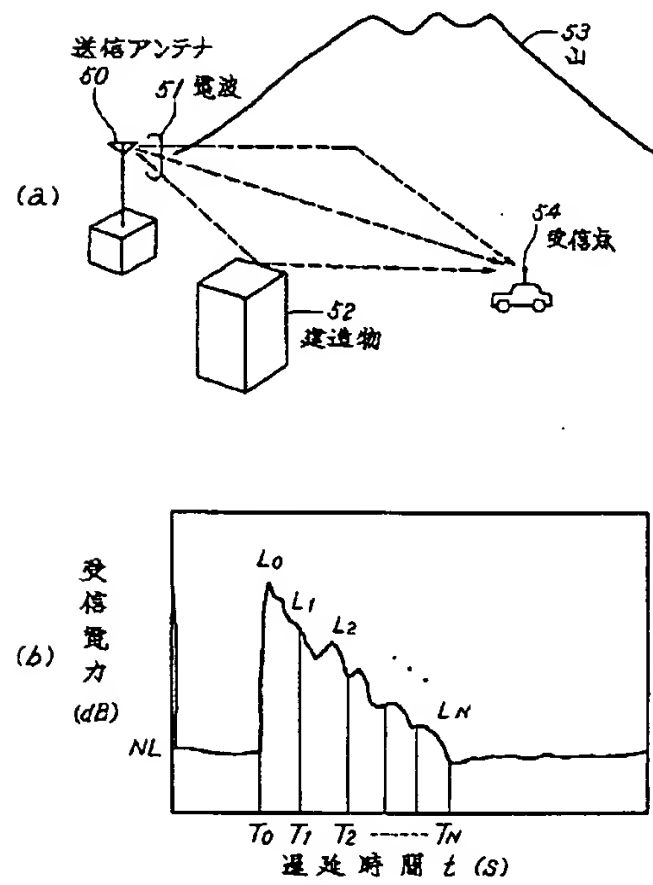
【図7】

遅延プロファイルと周波数相関関数の関係を示す図



【図8】

遅延プロファイルと周波数相関関数の関係を示す図



* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the equipment which measures the propagation delay in radio. In radio, all the transmitted electric waves are not received by the direct receiving antenna, and since the electric wave 51 emitted from the antenna 50 of a base station reflects in a surrounding building 52 and surrounding crest 53 grade as shown in drawing 8 (a), it becomes a multiple wave and arrives at the receiving point 54. Although it is called propagation delay that the wave which was overdue in time with the multiple wave occurs, the communication link quality of radio deteriorates by the propagation delay. The language which it was rapidly talking and was spoken at the summit of the mountain catches this by the echo, and that of it is the same as that of a ***** phenomenon.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to have asked for the delay spread used as evaluation of communication link quality from the correlation coefficient of two or more narrow-band waves, the following approaches were used conventionally.

** One receiving antenna receives running the electric wave of the frequency from which the plurality transmitted from one transmitting antenna differs, and ask for the relation between a frequency difference as shown in drawing 9, and the correlation coefficient of receiving level (in this drawing, x mark shows measured value).

** Ask for the delta frequency (frequency correlation bandwidth B) to which a correlation coefficient rho is set to 0.5 from these relation.

** In order to ask for the delay spread S from the frequency correlation bandwidth B, ask for the delay spread S, assuming a delay profile to be an exponential function. The delay spread S in that case and the relation of the frequency correlation bandwidth B serve as " $S = 1/(2\pi B)$ of delay spreads."

[0003] The delay profile under above-mentioned description is the arrival distribution map of a time electric wave which expressed with the axis of abscissa by the time delay, and expressed with received power the wave (delay wave) which has come behind time by the propagation delay as shown in drawing 8 (b) to the axis of ordinate. Setting to this drawing, NL is LO and LI -LN about a noise level. About the receiving level of a delay wave, they are TO and TI -TN again. The relative time delay of a delay wave is shown.

[0004] Moreover, delay SUPURETTO is the second moment of the propagation delay time defined by the evaluation value (1) type for expressing the amount of propagation delays quantitatively. If delay SUPURETTO becomes large, communication link quality will deteriorate. The received power of a delay wave is LO and LI. -- LN LO The receiving relative time delay is T1 and --TN. Delay SUPURETTO in the case of being the becoming N wave is calculated by (1) type and (2) types.

[Equation 1]

$$\text{遅延スプレッド } S = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N (T_d - T_i)^2 \cdot L_i}{\sum_{i=0}^N L_i}} \quad \text{--- (1)}$$

[Equation 2]

$$\text{平均遅延時間 } T_d = \frac{\sum_{i=0}^N L_i \cdot T_i}{\sum_{i=0}^N L_i} \quad \text{--- (2)}$$

[0005] The technique indicated above is stated to the following reference 1 and 2 in detail. reference -- 1 [7 or Mitsuishi, Akeyama, Kinoshita, "frequency correlation property in city area propagation", Shingaku Giho, and AP79-1979] reference 2[A.A.M.Saleh, and and R.A.Valenzuela : "A statistical model for indoor multipath propagation", IEEE J.Select.Areas Commun., SAC-5, and No2 pp.128 (Feb.1987) --]

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the above-mentioned reference 2, statistically, although it was said that a delay profile could be approximated with an exponential function, since not each delay profile was necessarily the number of characteristic products, it had the trouble said that a presumed error arises by the conventional presuming method which assumed the number of characteristic products. In view of such a conventional trouble, even if this invention is the case where a delay profile is not the number of characteristic products, it aims at realizing the propagation delay measuring device which can presume a delay spread with high degree of accuracy.

[0007]

[Means for Solving the Problem] According to this invention, the above-mentioned purpose is attained by the means indicated to said claim. Namely, the correlation function memory storage function which memorizes the mold of a frequency correlation function for which this invention is equipment which measures a propagation delay using receiving level correlation of a wave number electric wave two or more rounds by radio, and it asked beforehand corresponding to the mold of two or more delay profiles, The correlation detection function to ask for the received correlation coefficient of the receiving level of two or more round wave number electric wave, The value of a delay spread is changed about each of the mold of the above-mentioned frequency correlation function. It is the propagation delay measuring device which made the delay spread calculation function which computes the mold of the frequency correlation function which is best in agreement with the relation between the receiving level correlation coefficient obtained by measurement, and its delta frequency, and the value of a delay spread provide.

[0008]

[Function] Although the conventional method of presuming a delay spread from the correlation coefficient of receiving level which was mentioned above presumed the delay spread, having assumed the delay profile to be an exponential function, when a delay profile shifted from an exponential function and it became another function form, it had produced the presumed error by this approach.

[0009] In this invention, the form of a delay profile is partly assumed besides an exponential function, and since he is trying for a presumed error not to increase even when a delay profile is a different function form from an exponential function by preparing the frequency correlation function of two or more patterns corresponding to the assumed delay profile in advance, and selecting the function which fits measured value most from the frequency correlation functions of these two or more patterns, the presumed precision of a delay spread can be raised. As shown in drawing 7, an above-mentioned frequency correlation function is a function of the correlation coefficient of the receiving level to the frequency difference of different frequencies, and has the relation of the Fourier transform with a delay

profile. Especially the delta frequency from which a correlation coefficient is set to 0.5 is called frequency correlation bandwidth. This drawing shows the relation of the above delay profile, a delay spread, a frequency correlation function, and frequency correlation bandwidth. A delay spread and frequency correlation bandwidth are numeric values which are related to the magnitude of a propagation delay.

[0010]

[Example] drawing in which drawing 1 shows the configuration of one example of this invention -- it is -- 1 -- a receiving antenna and 2 -- a common machine and 3 -- a field intensity meter and 4 -- a vehicle speed measuring instrument and 5 -- in a correlation coefficient computing element and 8, the frequency correlation function ROM and 9 express a delay spread calculation machine, and, as for an A/D converter and 6, 10 expresses [a shadowing removal machine and 7] the drop. Actuation of the equipment in the case of measuring by carrying the propagation delay measuring device of this example in an automobile below is explained.

[0011] ** Running the electric wave of the frequency from which the plurality transmitted from one transmitting antenna differs, one receiving antenna 1 receives and measure the receiving level for every frequency with a field intensity meter 3. The frequency to measure can be set up by key input and displays the frequency and its receiving level.

** Sample the receiving level of an analog at intervals of fixed distance by A/D converter 5, and obtain digital data. In order to sample at intervals of fixed distance, the vehicle speed measuring instrument 4 made to generate a pulse at intervals of fixed distance is used.

[0012] ** remove the effect of shadowing (the effect of the shadow of a building etc. -- receiving level - being periodic (periods of hundreds of m) -- it changes.) from the sampled data. The approach carries out the moving average of the data in fixed distance (for example, about 1m) with the shadowing removal vessel 6, and deducts them from the data of a basis. Or the method of putting in a high-pass filter (HPF) is also in the preceding paragraph of an A/D converter.

** Ask for the cross correlation function of receiving level about all the combination of two frequencies among the frequencies measured with the correlation coefficient computing element 7.

[0013] ** The frequency correlation function for which it asked from the function type of two or more delay profiles assumed beforehand is contained in the frequency correlation function ROM 8. The frequency correlation function makes the delay spread the parameter.

** The delay spread calculation machine 9 asks for the delay spread from which the standard deviation of the error of each frequency correlation function memorized corresponding to the function type of each delay profile and the data obtained by ** serves as min for every frequency correlation function. Let the delay spread from which an error serves as min most in the delay spread of error min for which it asked for every frequency correlation function be the delay spread of the point.

** Display the delay spread with a drop 10.

[0014] drawing where drawing 2 explains the example of measurement by the propagation delay measuring device of this invention -- it is -- 11 -- base station office ** and 12 -- a transmitting antenna and 13 -- a common machine and 14-1 to 14-3 -- a transmitter and 15 -- a measurement vehicle and 16 -- a propagation delay measuring instrument, 17-1, and 17-2 -- a building -- expressing -- **** -- f1, f2, and f3 Transmit frequencies are shown, respectively. [moreover,] Hereafter, it explains based on this drawing.

[0015] ** Set up two or more round wave number (f1, f2, and f3) transmitted with the transmitter 14 of a base station so that each other delta-frequency Δf may become about $1/(2\pi S)$ (MHz) extent (S (microsecond) is a delay spread assumed.). For example, a delta frequency will be set to about 80kHz if the delay spread assumed sets to 2 microseconds. The electric wave of a transmitter 14-1 to 14-3 is compounded with the common vessel 13, and it transmits with the transmitting antenna 12.

** Reflect in a building 17-1 or 17-2 grade, and a propagation delay produces the transmitted electric wave.

** Receive the electric wave from a base station, running by the measurement vehicle 15. The situation of receiving level and a trigger pulse is shown in drawing 3. A of drawing 3 is the receiving level of

each frequency, and P shows the trigger pulse which is interlocked with a vehicle speed measuring instrument and outputted for every fixed mileage.

[0016] ** Sample receiving level by the A/D converter based on the trigger pulse of a vehicle speed measuring instrument, and remove shadowing (a part for short section fluctuation) with a shadowing removal vessel.

** Calculate a correlation coefficient for every delta frequency with a correlation coefficient computing element. Drawing 4 is drawing showing the relation between a delta frequency and the measured correlation coefficient, and x mark shows measured value.

** In the frequency correlation function ROM, the mold of the frequency correlation function corresponding to the assumed delay profile is contained. The example of the delay profile assumed to drawing 5 is shown. An axis of ordinate is dB display and, for a triangular wave and 23, a characteristic wave (EXP (t) mold) and 24 are [21 / a square wave and 22] a characteristic square wave (EXP (t2) mold). It is shown.

[0017] ** Calculate the mold of a frequency correlation function and the value of a delay spread which are best in agreement with the frequency correlation value acquired by ** based on the mold of the frequency correlation function of ** with a delay spread calculation vessel. The correspondence relation between the mold of a frequency correlation function and the measured frequency correlation value is shown in drawing 6. In this drawing, the delay profile of the frequency correlation value from which 31 was obtained by measurement, 32', and 32" is the frequency correlation function of a characteristic wave, in the case of 1 or 2 microseconds, 33' and 33" are the same and, in the case of a square wave, the delay spread of a delay spread is the case of 1 or 2 microseconds, respectively.

[0018] Although the frequency correlation function shown in this drawing is only the case of a characteristic wave and a square wave, the mold of other frequency correlation functions is considered the same way. Thus, about the mold of each frequency correlation function, the value of a delay spread is changed, the measured frequency correlation value is compared and the frequency correlation function and delay spread which are best in agreement are determined. It is presumed that the value of this delay spread is the delay spread of system of measurement. In the example of this drawing, the case where a delay spread is set to 2 microseconds with the frequency correlation function in the case of the delay profile of a square wave is best in agreement. A delay spread is presumed to be 2 microseconds from this.

[0019]

[Effect of the Invention] In the conventional delay spread presumption, when a delay profile was an exponential function, and the presumed error separated from the exponential function in min, the presumed error increased, but since it constitutes from this invention so that it may be coped with by having a frequency correlation function supposing two or more delay profiles, even when a delay profile separates from an exponential function, there is an advantage said that a presumed error does not increase.

[Translation done.]